COLLECTION RAPPORTS TECHNIQUES N°162

L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NUCLEAIRES III ...

RAPPORT D'UN GROUPE D'ETUDE
DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NUCLEAIRES
ORGANISE CONJOINTEMENT PAR L'AIEA ET L'UNESCO
A ATHENES, DU 7 AU 11 MAI 1973

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE
VIENNE, 1975

L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NUCLEAIRES III

CE RAPPORT EST EGALEMENT PUBLIE
EN ANGLAIS ET EN ESPAGNOL

L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NUCLEAIRES III
AIEA, VIENNE, 1975
STI/DOC/10/162
ISBN 92-0-275075-0
Imprimé par l'AIEA en Autriche
Juin 1975

AVANT-PROPOS

A sa dixième session ordinaire, la Conférence générale de l'Agence internationale de l'énergie atomique a adopté une résolution recommandant une étroite collaboration avec l'UNESCO, notamment dans les domaines de l'enseignement et de la formation. Comme suite à cette résolution, l'AIEA et l'UNESCO ont mis sur pied conjointement des Groupes d'étude afin de faire le point de la situation actuelle de l'enseignement des sciences nucléaires dans les établissements d'enseignement secondaire et du premier cycle de l'enseignement supérieur (y compris les cours de formation des maîtres) et de recommander les dispositions à prendre pour faire inscrire ces matières aux programmes d'enseignement scientifique. Les deux premiers Groupes d'étude (Bangkok, 1968, et Buenos Aires, 1970) ont examiné l'enseignement des sciences nucléaires dans le cadre des cours de chimie et de physique; les numéros 94 et 132 de la Collection des Rapports techniques de l'AIEA résument les idées et les recommandations des participants.

Le présent rapport consigne l'essentiel des communications du troisième Groupe d'étude, qui s'est réuni à Athènes du 7 au 11 mai 1973. Il a été rédigé, au nom de l'AIEA et de l'UNESCO, par M.K. Sankaranarayanan, membre du groupe, qui a assuré les fonctions de rapporteur. Le Groupe d'étude, qui se proposait comme thème essentiel le développement de l'enseignement des sciences nucléaires, s'inscrit dans la ligne des précédents, bien qu'il se limite aux domaines des sciences biologiques et agricoles.

Il est à souhaiter que ce rapport intéressera tous ceux qui se soucient de rajeunir et de moderniser les programmes d'enseignement de la biologie et de l'agronomie dans les établissements d'enseignement secondaire et dans les établissements du premier cycle de l'enseignement supérieur ainsi que tous ceux qui s'efforcent de faire connaître à la société le rôle éminent que les techniques nucléaires peuvent jouer dans les domaines de l'agronomie et de la biologie, et les avantages qu'elle pourra en tirer.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION 9

2. SITUATION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NUCLEAIRES DANS DIVERS PAYS 10

2.1. Allemagne, République fédérale d' 10
2.2. Danemark 11
2.3. Ethiopie 12
2.4. Finlande 12
2.5. France 13
2.6. Ghana 14
2.7. Grèce 14
2.8. Israël 14
2.9. Liban et autres pays arabes 15
2.10. Nigeria 16
2.11. Pays-Bas 17
2.12. République Arabe Syrienne 18
2.13. Soudan 19
2.14. Suède 19
2.15. Tanzanie 20
2.16. Tchécoslovaquie 20
2.17. Tunisie 21
2.18. Turquie 22
2.19. Yougoslavie 23
2.20. Zambie 24
2.21. Résumé 24

3. SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS 26

3.1. Introduction 26
3.2. Recommandations concernant l'enseignement des sciences nucléaires aux étudiants de biologie et d'agronomie du deuxième cycle de l'enseignement secondaire 26
3.3. Recommandations concernant l'enseignement des sciences nucléaires aux étudiants des disciplines non scientifiques 28
3.4. Recommandations concernant l'enseignement des sciences nucléaires dans les écoles professionnelles 28
3.5. La formation de maîtres, condition préalable à toute amélioration des programmes 28
3.6. Recommandations concernant l'enseignement des sciences nucléaires dans le premier cycle de l'enseignement supérieur 28

4. EXECUTION 30

Secrétariat 33
Liste des participants 34

1. INTRODUCTION

Les techniques nucléaires, et notamment les applications des rayonnements, mettent aujourd'hui à la disposition des chercheurs des moyens d'analyse extrêmement puissants qui leur permettent de résoudre des problèmes biologiques fondamentaux. Dans le domaine des sciences biologiques (biologie, agronomie et médecine) l'application de ces techniques a donné naissance à une multitude de méthodes expérimentales qui, en nous dotant d'une vision nouvelle et pénétrante de la nature même des organismes vivants, ont contribué à renouveler et à élargir nos conceptions des processus biologiques. Dans les domaines des diagnostics médicaux et de la thérapeutique, de la fabrication de radiovaccins, de l'extermination des ravageurs, de la conservation des aliments, de l'amélioration des plantes, et dans de nombreux autres domaines encore, ces techniques ont aidé à soulager les souffrances humaines et ont puissamment contribué à asseoir notre prospérité et à améliorer la qualité de la vie dans de nombreuses régions du globe.

Pour faire apprécier ces bienfaits à leur juste valeur, il faut que l'enseignement de ces matières commence tôt. Il importe de bien pénétrer les citoyens de demain des impératifs, des problèmes et des défis qu'implique l'ère nucléaire et de faire en sorte que les étudiants puissent passer graduellement et sans heurt de l'enseignement secondaire aux sommets du savoir et se tenir au courant des tendances, des buts et des méthodes en honneur dans les domaines correspondants. C'est dans cet esprit que l'AIEA et l'UNESCO ont conjointement décidé de réunir le présent Groupe d'étude, ainsi que les deux précédents, pour examiner l'enseignement des sciences nucléaires dans l'enseignement secondaire et dans le premier cycle de l'enseignement supérieur.

Les deux premiers Groupes d'étude, dont l'AIEA a déjà publié les rapports, portaient principalement leur attention sur l'enseignement des sciences physiques. Le but du troisième Groupe d'étude, tel qu'on le trouve résumé dans la première circulaire que l'AIEA a adressée aux participants éventuels, était: a) d'examiner la part actuellement faite aux techniques nucléaires dans l'enseignement de la biologie et de l'agronomie au niveau des classes terminales du secondaire et des cours du premier cycle de l'enseignement supérieur, y compris la formation des maîtres, et de signaler les possibilités d'en étendre les applications; b) de s'intéresser aux répercussions des techniques nucléaires sur l'environnement humain; enfin, ce qui est le plus important, c) de dégager des lignes directrices et soumettre des propositions en vue d'intégrer les techniques nucléaires dans l'enseignement des sciences biologiques d'une part et, d'autre part, d'y inclure des éléments utiles d'information concernant les effets des rayonnements et des matières radioactives sur les organismes vivants et sur les systèmes écologiques.

Répondant à l'aimable invitation du Gouvernement grec, le Groupe d'étude, dont la réunion avoit été organisée en étroite collaboration avec la Commission grecque de l'énergie atomique, a tenu ses séances du 7 au 11 mai 1973 au Centre de recherche «Démocrite» de la Commission de l'énergie atomique, à Athènes.

Il était composé de vingt-et-un membres dont les experts de dix-huit pays, un observateur grec, un représentant de l'AIEA et un de l'UNESCO. Outre les experts mentionnés, qui ont participé personnellement aux

travaux du Groupe d'étude, des ressortissants de deux autres pays (la République Arabe Syrienne et la Tchécoslovaquie) ont fait parvenir des communications écrites. Le Professeur Théo Kouyoumtzelis, Vice-Président de la Commission grecque de l'énergie atomique, a ouvert les débats. Les délibérations du Groupe d'étude ont été dirigées tour à tour par les membres suivants: S. Larsen, A. Lemma, L. Cobley, K. Sankaranarayanan et J.K. Miettinen, la présidence étant renouvelée chacun des cinq jours qu'a duré la session.

Dans son exposé liminaire, le représentant de l'AIEA, après avoir rappelé brièvement l'objet de la réunion, a fait l'historique des trois Groupes d'étude, souligné l'intérêt que l'Agence porte à la discipline considérée et fait valoir qu'une collaboration suivie entre l'AIEA et l'UNESCO ouvrait de vastes perspectives dans ce domaine. Le représentant de l'UNESCO a exposé sommairement le rôle que les sciences nucléaires et les applications des rayonnements sont appelées à jouer dans les domaines de l'agriculture, de l'immunologie, de la parasitologie et de la génétique ainsi que leurs applications dans les domaines de la conservation des aliments et l'extermination des ravageurs. Il a en outre exposé les principales fonctions des divisions de l'UNESCO chargées de l'enseignement des sciences et de l'agronomie et retracé les grandes lignes des programmes des écoles secondaires, des établissements d'enseignement technique supérieur et des universités, eu égard à la nécessité de pénétrer les esprits du rôle décisif que les techniques nucléaires jouent en biologie et en agronomie.

2. SITUATION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES NUCLEAIRES DANS DIVERS PAYS

Les membres du Groupe d'étude ont fait le point sur l'enseignement des sciences nucléaires, tel qu'il se présente actuellement dans les divers pays. De leurs exposés et des discussions animées qui ont suivi, il ressort clairement que les pays participants sont loin d'approfondir au même point l'étude des questions nucléaires. On trouvera dans les paragraphes qui suivent un résumé des appréciations détaillées qu'ont présentées les participants à ce propos.

2.1. Allemagne, République fédérale d'

Dans leurs cours de sciences, les établissements secondaires exposent les principes fondamentaux de science nucléaire et de ses applications, l'enseignement restant toutefois essentiellement théorique. A l'université, les étudiants de toutes les disciplines scientifiques reçoivent une formation de base assez étendue en physique et en chimie, qui englobe automatiquement les questions nucléaires. Ces cours sont complétés par des travaux pratiques. L'emploi des radioisotopes en biologie et en médecine fait l'objet de cours spéciaux de chimie radioactive. Les étudiants en médecine sont tenus de suivre des cours de biophysique et de radiologie médicales après leurs deux premières années d'études. Les étudiants qui font des études supérieures en biologie acquièrent les connaissances dont ils ont besoin sur les méthodes isotopiques utilisées dans les domaines

de leur spécialité. Dans la plupart des facultés d'agronomie, les élèves étudient l'application des isotopes en phytopédologie, l'enseignement étant accompagné de travaux pratiques appropriés en laboratoire. Les étudiants qui se destinent à l'enseignement de l'agronomie peuvent opter entre un cours général sur les radioisotopes et des cours spécialisés de radio-agronomie donnés dans certains départements, ces cours n'étant toutefois pas obligatoires.

2.2. Danemark

Le Danemark jouit d'une situation exceptionnelle et particulièrement favorable pour l'enseignement des sciences nucléaires et l'application des méthodes isotopiques. De fait, ce furent Hevesy et ses collaborateurs qui, recourant dès les débuts des années 1920 aux isotopes naturels (du plomb, du bismuth et du thorium) pour étudier leur mode de répartition dans les plantes et chez les animaux, ouvrirent la voie à l'utilisation des radioindicateurs en biologie et en agronomie. Quand au début des années 1930 on découvrit la radioactivité artificielle, Hevesy, une fois de plus, fut le premier à étudier la répartition, chez les animaux, de phosphates marqués. Ces expériences situent le début véritable de l'utilisation des isotopes dans les organismes biologiques. Les travaux de Hevesy et de son école n'ont pas manqué d'influencer les programmes d'enseignement des écoles secondaires et des universités danoises: l'enseignement des sciences nucléaires comme partie intégrante des cours de physique et de chimie commence très tôt (élèves de 12 à 15 ans) et se poursuit dans les établissements secondaires. L'université dispense un cours élémentaire de physique nucléaire pendant les deux premières années du cours de physique générale destiné aux biologistes; l'application des méthodes nucléaires fait l'objet d'un enseignement théorique et pratique tant dans les sciences physiques que dans les sciences biologiques. Les professeurs des établissements secondaires reçoivent dans cette discipline la même formation que les futurs scientifiques. Des démonstrations expérimentales, des travaux pratiques et des films viennent, à tous les niveaux, compléter l'enseignement des sciences nucléaires.

Conscient de l'intérêt que l'expérimentation présente pour les étudiants, le Centre danois de recherche sur l'énergie atomique de Risö, en collaboration avec les professeurs de sciences des établissements secondaires et des écoles normales, a préparé un ensemble de sources radioactives scellées, réservées à l'enseignement, dont le Service de la santé publique a approuvé la diffusion généralisée; des jeux complets de telles sources (alpha, bêta et gamma) ont été remis à plus de 75% des établissements secondaires et des écoles normales du Danemark. Des détails supplémentaires peuvent être obtenus sur demande écrite adressée à la: Division des isotopes, Etablissement de recherche de Risö, Roskilde (Danemark).

Le Département d'agronomie, élément important de l'Université royale danoise des sciences vétérinaires et agronomiques de Copenhague, fournit aux écoles le matériel végétal voulu (semences d'orge par exemple), avec mode d'emploi détaillé leur permettant de conduire des expériences simples en génétique. Il fournit en outre des semences irradiées, pour l'étude des mutations induites.

2.3. Ethiopie

Les établissements secondaires enseignent quelques éléments théoriques de science nucléaire, surtout dans les cours de physique et de chimie. A l'Université Haïlé Sélassié 1er (dont le système est calqué sur celui des universités américaines), les étudiants de première année abordent de nouveau les sciences nucléaires par les cours de physique, de chimie et de biologie, sans toutefois bénéficier de travaux pratiques ou de démonstrations. Un enseignement plus détaillé est dispensé aux élèves de troisième et de quatrième année. Le cours sur les techniques nucléaires, inauguré en 1967, commence à s'imposer et le nombre des élèves inscrits s'accroît. Lorsqu'en 1972 le département de biologie a préconisé l'emploi des isotopes dans l'enseignement et dans la recherche, ce cours a été considérablement élargi de façon à comprendre, outre les domaines purement physiques, les applications des isotopes à la biologie, à l'industrie et à la médecine. Différentes expériences complémentaires ont lieu en laboratoire. En 1972, un cours accéléré plus spécialisé et plus intensif a été organisé dans ce domaine, à l'intention surtout des membres du corps enseignant chargés de cette discipline.

Le département de pathobiologie récemment créé au sein de l'Université dispose d'une source de rayonnement au cobalt-60 (2500 Ci), de compteurs tandem automatiques gamma et bêta à scintillation, et d'autres équipements fournis au titre du Programme d'assistance technique de l'AIEA (financé en partie par le programme ordinaire d'assistance technique de l'Agence pour 1971 et en partie par des dons du Gouvernement des Etats-Unis). Pour le moment ces installations servent principalement à la recherche.

Tous les cours de sciences nucléaires du premier cycle sont actuellement professés au département de chimie de l'Université. Les moyens limités dont ce cernier dispose suffisent tout juste aux besoins actuels, mais sont absolument insuffisants pour répondre à l'intérêt et à l'enthousiasme croissants dont font preuve les étudiants.

2.4. Finlande

En Finlande, l'enseignement des sciences nucléaires aux étudiants en biologie des classes terminales de l'enseignement secondaire (élèves de 16 à 19 ans) est dispensé principalement dans les cours de physique et de chimie. Les manuels de biologie couramment utilisés mentionnent brièvement les effets des rayonnements à propos des mutations et du développement du fœtus. Les chaines alimentaires radioactives et les périodes radioactives et biologiques sont évoquées à propos de la circulation des éléments. La radioactivité du milieu est traitée succinctement dans les chapitres consacrés à la population et à l'environnement; il est également fait état de la datation au carbone-14.

Dans les établissements où les élèves peuvent choisir leur orientation, le choix porte généralement entre les humanités, qui mettent l'accent sur les langues et les lettres d'une part, et les sciences, qui comprennent la biologie et les sciences exactes d'autre part. Les élèves qui optent pour la voie des humanités où la biologie n'est traitée que très superficiellement, ne font qu'effleurer les sciences nucléaires. Le programme de chimie et de physique enseigné dans les classes terminales

de la plupart des établissements du secondaire correspond en gros aux sujets proposés à l'appendice B du Rapport du Groupe d'étude de Bangkok (N°94 de la Collection des Rapports techniques de l'AIEA). Il existe cependant des écarts considérables, de nombreux établissements se contentant de cours plus limités.

Au niveau universitaire, certains éléments de science nucléaire sont traités en première et deuxième années (étudiants de 19 à 20 ans) dans le cadre de l'enseignement de la chimie et de la physique élémentaires. L'essentiel de la formation est dispensé en troisième ou quatrième année, dans un cours sur les isotopes qui correspond d'assez près aux cours du même type destinés aux biologistes à Harwell (Angleterre) ou à Saclay (France). Ces cours sont donnés chaque année par les départements de biochimie de trois universités (Helsinki, Turku et Oulu) ainsi qu'au département de chimiothérapie et à la Faculté d'agronomie et de sylviculture de l'Université d'Helsinki. Ils comportent de 24 à 48 conférences et de 10 à 12 expériences qui durent chacune une journée.

Le département de chimie radioactive et la Faculté de médecine d'Helsinki organisent chaque année des cours plus approfondis sur les applications des radioisotopes en physiologie ou en chimie clinique. Le programme du département de chimie radioactive permet de passer un doctorat du 3ème cycle dans cette discipline.

L'enseignement secondaire finlandais fait actuellement l'objet d'une réorganisation et les manuels sont revisés presque tous les ans. Il sera facile d'y incorporer de nouveaux éléments de science nucléaire lorsque cela paraîtra souhaitable, à condition de pouvoir bénéficier à l'échelon international des directives et des sources d'information voulues. Au cas où il serait décidé d'inclure ces sujets dans les programmes de biologie, un recyclage systématique des enseignants s'imposerait.

2.5. France

En France, les programmes de biologie des établissements secondaires et du premier cycle de l'enseignement universitaire ne comportent pas un enseignement détaillé des notions fondamentales de science nucléaire. Dans le secondaire, on évoque bien les applications des radioisotopes (autoradiographie, utilisation du carbone-14 pour la photosynthèse, mesure de la perméabilité des membranes biologiques) et des rayonnements (induction et mutations), mais le sujet n'est envisagé que d'un point de vue théorique et il n'y a pas parallèlement d'expériences en laboratoire. A l'université, certains professeurs poussent assez loin l'étude des incidences des sciences nucléaires en biologie, d'autres moins. Parmi les questions traitées on peut citer: les études sur le métabolisme, la synthèse des macromolécules et l'action des rayonnements sur le matériel génétique. A un niveau plus élevé et selon le domaine d'intérêt – agronomie, microbiologie, physiologie, biochimie, radiobiologie ou génétique moléculaire – les étudiants reçoivent une formation solide dans les divers domaines de la science nucléaire applicables à ces disciplines. L'Institut national des sciences nucléaires de Saclay donne régulièrement des cours sur les applications des radioisotopes. Ces cours, qui comportent de nombreux travaux pratiques, s'adressent surtout à des étudiants d'un niveau élevé, à des scientifiques ou à des médecins désireux de se spécialiser dans les applications des radioisotopes.

2.6. Ghana

Dans les établissements secondaires du Ghana, l'enseignement des sciences biologiques ou de l'agronomie ne semble pas, pour ce qui est des applications des techniques nucléaires, aller au-delà de simples considérations théoriques, et se contente d'évoquer éventuellement l'existence des radioisotopes. Il y a plusieurs raisons à cet état de choses: manque de personnel qualifié ainsi que de professeurs et de techniciens compétents; impossibilité d'assurer leur formation; crainte des élèves et de leurs parents devant les risques que peuvent présenter les rayonnements et les matières radioactives; insuffisance des installations existantes qui ne correspondent absolument plus à l'augmentation du nombre des élèves inscrits en biologie et en agronomie. Quelle que soit l'importance des sciences nucléaires dans le monde moderne, il conviendrait d'abord de s'attaquer systématiquement à ces problèmes et à d'autres problèmes du même ordre si l'on veut assurer un enseignement effectif de cette discipline.

2.7. Grèce

En Grèce, il existe une différence frappante entre la situation des établissements secondaires, où l'on n'enseigne guère les notions fondamentales de la science nucléaire dans les cours de biologie, et celle des écoles de médecine, où l'enseignement de la radiobiologie et des applications des radioisotopes est très poussé. Plus de vingt hôpitaux grecs font appel aux rayonnements et aux radioisotopes pour le diagnostic, la thérapeutique et la recherche. Tous les deux ans, le Centre de recherche nucléaire «Démocrite» organise des stages de radioprotection à l'intention du personnel hospitalier et des étudiants en médecine. Par ailleurs, des stages de sciences nucléaires ont lieu de temps à autre à l'occasion de cours d'été organisés par le Centre «Démocrite» à l'intention des professeurs de l'enseignement secondaire. Les écoles d'agronomie (qui sont au nombre de deux en Grèce) ne dispensent pas officiellement de cours sur les applications des sciences nucléaires en agriculture, du moins pendant les premières années. En troisième ou en quatrième année toutefois, certains sujets tels que l'analyse par activation, la méthode des indicateurs, etc. sont examinés dans le cours de chimie agricole. Le Centre «Démocrite» continue à donner plusieurs cours accélérés aux agronomes spécialisés dans la recherche, mais jusqu'ici bien rares sont ceux qui ont pu appliquer effectivement dans leurs travaux les connaissances ainsi acquises. Le Centre «Démocrite» publie aussi de temps en temps des livres et des brochures qu'il adresse à tous ceux qui s'intéressent à la science nucléaire, et notamment aux professeurs du secondaire. La Division des isotopes du Centre «Démocrite» prépare des radioisotopes pour les hôpitaux et instituts de recherche.

2.8. Israël

Les élèves du secondaire qui ont opté pour la biologie et l'agronomie, ainsi que les étudiants du premier cycle qui ont choisi ces mêmes disciplines, sont tenus de suivre des cours de physique et de chimie. On leur enseigne les notions fondamentales des sciences nucléaires, notamment

sur les rayonnements et les radioisotopes, les établissements secondaires traitant surtout des aspects qualitatifs et l'université, pendant les premières années, traitant des aspects tant qualitatifs que quantitatifs. Chez les élèves du secondaire qui ont opté pour la biologie, le cours de chimie est réparti sur trois années scolaires (500 heures, y compris les conférences et les travaux pratiques). Les questions nucléaires comportent notamment la structure de la matière, les modèles de Rutherford-Bohr, la constitution du noyau, le numéro et le poids atomiques, les isotopes (stables et instables), les types de rayonnements radioactifs et la relation masse-énergie ($E = mc^2$). Dans le cours de biologie, les étudiants s'initient aux applications des radioindicateurs et à l'emploi des rayonnements en biologie et en médecine, à la datation, etc. La plupart des établissements secondaires utilisent actuellement une traduction adaptée de la B.S.C.S. (*Biological Science Curriculum Study, édition jaune*) américaine; cependant, la plupart des professeurs ont tendance à déborder le contenu de ce manuel.

Le réseau de télévision scolaire, placé sous l'autorité du Ministère de l'éducation, présente une série d'émissions sur les isotopes radioactifs coordonnée avec le cours de biologie destiné aux élèves du secondaire qui ont choisi cette option.

En Israël, la définition des programmes universitaires est du ressort des facultés compétentes et ne relève pas du Ministère de l'éducation. Il n'en reste pas moins que l'éventail des sujets traités dans de nombreux domaines et les tendances générales sont essentiellement les mêmes, ne différant que dans le détail. Au niveau du premier cycle, le programme des étudiants qui ont opté pour la biologie et l'agronomie comprend des évaluations quantitatives d'expériences faites avec des radioindicateurs. Ces travaux font généralement partie des cours de biologie et de physiologie qui comportent aussi des travaux pratiques. Il existe également des cours spéciaux sur les applications des radioindicateurs en recherche biologique, mais ceux-ci n'ont aucun caractère obligatoire.

Les professeurs de l'enseignement secondaire reçoivent leur formation dans les universités. Les conditions requises des futurs professeurs de cette spécialité sont celles qu'on exige de tous les biologistes. La formation pédagogique est assurée par le département de l'éducation de l'université pendant une année d'études supplémentaire.

2.9. Liban et autres pays arabes

La plupart des systèmes d'éducation arabes sont conçus selon un plan qui prévoit six années d'enseignement primaire, trois années du premier cycle de l'enseignement secondaire et trois années du deuxième cycle de l'enseignement secondaire. Les élèves quittent l'enseignement secondaire avec le certificat de fin d'études secondaires. Trois pays suivent le système français qui comprend cinq années d'enseignement primaire, quatre années du premier cycle et trois années du deuxième cycle de l'enseignement secondaire. Dans un pays, chacune de ces étapes dure trois ans.

Dans leur quasi-totalité, les programmes scientifiques du deuxième cycle de l'enseignement secondaire abordent la structure de l'atome de façon plus ou moins détaillée dans les cours de physique ou de chimie, la première année de ce cycle s'en tenant à des considérations plus générales. Cependant, les sommaires officiels des matières à enseigner ne mentionnent

pratiquement pas les applications des sciences nucléaires en biologie et en agronomie. La seule exception se trouve dans le programme jordanien où il est fait état de l'amélioration des cultures par mutations induites; sont mentionnés également dans le cours de sciences physiques (troisième année) le traitement et la stérilisation par les rayonnements, et dans d'autres cours les effets génétiques des rayonnements.

Une étude des cours dispensés par quatorze universités arabes montre que, dans presque toutes les facultés des sciences, les sciences nucléaires sont enseignées pendant les deux premières années. Ces notions ne constituent toutefois qu'une introduction et s'intègrent dans les cours de physique et de chimie. Les questions nucléaires ne sont pas traitées en détail avant la troisième ou la quatrième année. Aucun de ces cours ne mentionne les applications des sciences nucléaires en biologie et en agronomie. Le plus souvent, les étudiants en biologie n'abordent les sciences nucléaires de façon assez approfondie qu'au cours du deuxième cycle ou, plus fréquemment, pendant le troisième cycle.

Dans plusieurs universités, il existe des cours de troisième cycle de radiobiologie et de physique nucléaire, à l'intention des étudiants en agronomie; d'autres sur les radioisotopes, à l'intention des biologistes. L'enseignement ne s'accompagne qu'assez rarement de travaux expérimentaux appropriés. Les écoles de médecine dispensent aux étudiants de première année des cours sur les applications médicales des isotopes radioactifs.

Les renseignements donnés dans la présente section sont extraits des programmes de cours publiés par les diverses institutions; bon nombre d'entre eux ne traitant pertinemment que des généralités, il est probable que le sujet n'est pas exposé dans sa totalité. Il semble cependant que les programmes évoluent bien dans le sens d'une modernisation et il devrait être possible de parvenir à des résultats concrets à condition que les pays concernés puissent bénéficier des directives et de l'assistance nécessaires.

2.10. Nigeria

Le système d'instruction publique de la République fédérale du Nigeria s'inspire essentiellement du système britannique. Le programme officiel des deux cycles de l'enseignement secondaire (West African School Certificate, Higher School Certificate et General Certificate of Education) ne mentionne pas les sciences nucléaires parmi les matières obligatoires pour les examens. Cependant, les cours de biologie évoquent rapidement les rayonnements et les radioisotopes, en particulier leurs effets génétiques, leur emploi comme indicateurs dans les expériences de biologie, leurs applications dans les études relatives à la détermination de l'âge des roches ou des fossiles, et l'importance qu'ils présentent pour l'environnement, s'agissant des retombées d'explosions nucléaires et de la pollution atmosphérique. L'éventail des domaines traités varie d'un établissement à l'autre et il n'y a pas de travaux pratiques.

Le pays compte six universités, la plus ancienne étant celle d'Ibadan dont les effectifs s'élèvent à 4000 étudiants environ. Quelque 20% d'entre eux se spécialisent en sciences biologiques, 10% sont inscrits en médecine et 11% suivent les cours de la Faculté d'agronomie et de médecine

vêtérinaire. Auncune de ces universités n'enseigne les sciences nucléaires en première année, mais certaines abordent cette discipline dès la deuxième année. A Ibadan par exemple, en zoologie, l'importance des déchets nucléaires dans les écosystèmes, les applications potentielles de l'énergie d'origine nucléaire, les applications des indicateurs aux études sur la productivité et les populations animales sont évoquées dans trois cours de deuxième année: écologie générale, écologie de la production et écologie humaine. Là encore, les cours sont essentiellement théoriques. En botanique, l'enseignement des applications du carbone-14 et du phosphore-32 pour suivre le cheminement des matières organiques débute en deuxième année et se poursuit en troisième année. Dans les autres universités en revanche, l'enseignement des sciences nucléaires et des techniques radioisotopiques dans les sciences biologiques se limite à la dernière année ou aux deux dernières années du cours préparatoire au diplôme. Ces cours sont, eux aussi, essentiellement théoriques et ne s'accompagnent pour ainsi dire pas de travaux pratiques. La situation est analogue dans les écoles d'agronomie, où la part faite aux sciences nucléaires dans les cours est encore plus réduite. Quant aux établissements d'enseignement technique et aux écoles normales, l'enseignement de ces matières y est pratiquement inexistant.

Comme chacun en est conscient et en reconnaît l'intérêt, il importe d'introduire l'enseignement des sciences nucléaires dans les cours de biologie actuels du deuxième cycle du secondaire et du premier cycle du supérieur. Toutefois, l'insuffisance des installations existantes et des mesures de protection indispensables pour la manipulation des radioisotopes (le Nigeria n'a pas de Commission à l'énergie atomique et toutes les matières radioactives doivent être importées) ainsi que les craintes du grand public concernant l'utilisation des matières radioactives ont contribué à créer un état d'esprit tel que l'enseignement des sciences nucléaires est limité à l'université et, même à ce niveau, ne commence qu'après la première année.

2.11. Pays-Bas

Aux Pays-Bas, les programmes des établissements secondaires et des universités sont en cours de réorganisation. A l'heure actuelle, des notions de science nucléaire sont données dans les cours de physique et de chimie aux élèves des classes terminales du secondaire qui ont opté pour les sciences. Toutefois, en biologie, la partie nucléaire n'est traitée que sous quelques aspects limités et il n'y a pas de travaux pratiques s'apparentant aux sciences nucléaires dans les cours de physique, de chimie et de biologie.

En première année d'université, la situation reste pratiquement inchangée, les cours étant toutefois un peu plus détaillés; on y enseigne certains aspects des sciences nucléaires, en s'en tenant toujours à un point de vue théorique. Un nouveau programme de biologie entrera bientôt en vigueur, pour les étudiants spécialisés en biologie; il prévoit, en deuxième ou en troisième année, un cours de six semaines sur les «méthodes de la recherche biologique» qui comporte notamment les techniques faisant intervenir les rayonnements et les isotopes, avec étude théorique et travaux pratiques. Parmi les matières à option pour les étudiants en biologie, les cours de génétique, de biologie cellulaire, de

microbiologie, de biologie moléculaire, de physiologie, etc. comprennent les éléments de science nucléaire en rapport avec la spécialité considérée (troisième année).

Dans les écoles d'agronomie, les élèves assistent pendant les deux premières années, dans le cadre des cours de physique et de chimie, à des conférences visant à leur inculquer des éléments de science nucléaire. Des démonstrations illustrant l'application des techniques isotopiques en agronomie ont lieu en troisième année (chimie des sols, etc.). Ce n'est que plus tard que les étudiants sont admis à faire eux-mêmes des expériences; à cette fin, il leur est demandé de suivre un cours général sur les isotopes, donné à l'Instituut voor Toepassing van Atoom Energie in de Landbouw (Institut d'application de l'énergie atomique à l'agriculture) de Wageningen. Il convient de préciser que ce cours général, de même qu'un autre cours sur l'utilisation des compteurs à scintillateurs liquides, est ouvert tant aux élèves agronomes qu'à d'autres participants de qualifications différentes, qu'il s'agisse de techniciens de laboratoire ou de professeurs. Pour être admis à suivre le cours général, une connaissance suffisante de la chimie (niveau d'un technicien chimiste confirmé) est la qualification minimale; pour le second cours, une formation en chimie radioactive est en outre exigée.

Dans la plupart des écoles de médecine, les sciences nucléaires ne sont pas abordées en première année (voir paragraphe suivant). Les étudiants ont toutefois la possibilité de s'y initier un peu plus tard, l'étude plus approfondie pouvant être repoussée jusqu'à la cinquième année. Un nouveau programme intitulé «Blok cursus radiologie» (Cours global de radiologie) vient d'être institué. C'est un cours de cinquième année, assez intensif et détaillé, qui englobe la radiologie (diagnostic et thérapie) et la radiogénétique. Il est complété par une bonne formation en laboratoire.

Il existe aux Pays-Bas de nombreuses possibilités de se former aux techniques nucléaires telles que la technique des réacteurs, le génie nucléaire, la médecine nucléaire, les méthodes isotopiques, la chimie radioactive, la protection contre les rayonnements, la radiogénétique, etc. Plus d'une douzaine d'instituts (y compris des universités) dispensent de tels cours, qui se diversifient par le contenu, l'importance accordée aux diverses matières et par la durée. Ces cours s'adressent à des auditeurs de formations différentes: Certains d'entre eux n'ont fait que trois ou quatre années de secondaire, d'autres sont des techniciens travaillant dans des laboratoires de radiologie; enfin, à l'autre bout de la gamme, on trouve des ingénieurs ou des scientifiques tels que physiciens, chimistes, pharmaciens, médecins, biologistes, agronomes. Tous peuvent y acquérir la formation dont ils ont besoin dans les domaines de leur profession où peuvent intervenir les techniques nucléaires. On peut obtenir des détails sur ces cours en écrivant au: Hoofd van de sector straling, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Directoraat Generaal voor Milieuhygiëne, Leidschendam, Pays-Bas.

2.12. République Arabe Syrienne

En Syrie, l'enseignement des sciences nucléaires est, pour le moment, limité à l'université. Les étudiants du Collège des sciences sont initiés aux aspects théoriques des sciences nucléaires sans que l'on insiste sur

les applications pratiques ou sur les aspects concrets de la radiologie et des radioisotopes. Ceux-ci sont traités au Collège d'agronomie où les élèves des classes supérieures font quelques expériences avec utilisation d'isotopes. Il est à noter que depuis une dizaine d'années l'intérêt manifesté pour l'utilisation des techniques nucléaires s'est considérablement accru. Les scientifiques qui ont eu l'occasion d'appliquer ces techniques au cours de leurs études universitaires ont été parmi les premiers à signaler cet intérêt, encore stimulé par une participation aux programmes de formation organisés par l'AIEA et le Centre régional de radioisotopes du Moyen-Orient pour les pays arabes. Si les stagiaires ayant suivi ces cours et le personnel qualifié demeurent encore relativement peu nombreux, leurs travaux n'en ont pas moins retenu l'attention des responsables des services publics.

2.13. Soudan

Au Soudan, les sciences nucléaires n'occupent jusqu'à maintenant qu'une place très restreinte dans l'enseignement des sciences biologiques, qu'il s'agisse du deuxième cycle du secondaire ou du premier cycle du supérieur. Les étudiants en biologie qui peuvent opter pour des cours de chimie acquerront des notions théoriques dans certains domaines nucléaires. Les étudiants en agronomie et en médecine vétérinaire reçoivent généralement un enseignement comparable, soit dans les cours de physico-chimie, soit dans ceux de biochimie. Ils sont en outre initiés aux applications des techniques nucléaires dans les domaines de la génétique, de l'horticulture, de la pédologie et de la physiologie animale. De temps à autre, les étudiants bénéficient de démonstrations pour certaines techniques importantes.

Depuis quelques années, les autorités prennent de plus en plus conscience des perspectives qu'offrent les applications des rayonnements et des techniques isotopiques dans le domaine de la recherche appliquée. Il convient donc de rechercher les voies et les moyens qui permettront d'introduire l'enseignement des sciences nucléaires aux différents niveaux.

2.14. Suède

Les notions élémentaires de science nucléaire sont abordées sur le plan théorique dans les cours de biologie du deuxième cycle du secondaire (par exemple à propos de la physiologie de la cellule ou des problèmes d'environnement que soulève l'utilisation de l'énergie d'origine nucléaire), mais il n'y a pas de travaux pratiques connexes. C'est avec parcimonie que l'Institut national de Suède pour la radioprotection accorde aux établissements secondaires l'autorisation d'utiliser les matières radioactives, et les écoles régionales n'ont généralement ni le personnel ni les moyens techniques nécessaires pour enseigner convenablement cette discipline.

Au niveau du premier cycle universitaire, l'enseignement de la biologie est dispensé dans quatre cours, d'une durée de 40 semaines chacun, les étudiants devant opter pour l'un ou l'autre de ces cours. Le cours de biologie générale par exemple englobe tout le domaine de la biologie et permet aux élèves qui le suivent d'acquérir la compétence voulue pour professer cette discipline dans l'enseignement secondaire;

les méthodes radiophysiques ne sont examinées que superficiellement et l'étude des techniques isotopiques est restreinte. Le deuxième cours s'attache surtout aux problèmes de l'environnement, par exemple ceux que posent l'utilisation de l'énergie d'origine nucléaire, les essais d'armes, etc. et les étudiants reçoivent une bonne formation théorique dans les domaines de la radiophysique et de la radiobiologie qui s'y rapportent. Le troisième cours, qui porte sur la microbiologie, a un caractère plus pratique que le premier et les étudiants sont appelés à faire des expériences avec des virus, des bactéries et des cellules humaines, à l'aide de composés marqués. Le quatrième cours, qui a pour objet les techniques utilisées en biologie et qui s'adresse à des auditeurs ayant une formation de technicien et de physicien, a été inauguré en 1973. Les étudiants qui reçoivent une formation assez poussée sur les techniques nucléaires utilisées en biologie sont également initiés aux problèmes d'environnement, de radioprotection, etc. Ceux qui ont suivi l'un ou l'autre des cours précités ont la possibilité de suivre des cours plus approfondis dans des domaines de la science nucléaire qui touchent à la biologie.

Dans les écoles de médecine, l'enseignement des sciences nucléaires apparaît en deuxième année dans les cours de physiologie, de physique médicale et de chimie médicale. La radioprotection est traitée de façon assez poussée et les étudiants sont convenablement formés à la manipulation des substances radioactives.

2.15. Tanzanie

L'étude des propriétés des radioisotopes et des rayonnements est inscrite aux programmes de chimie et de biologie du deuxième cycle de l'enseignement secondaire. Il s'agit là toutefois d'une innovation toute récente car ce n'était pas le cas avant 1970. Les études portent sur les isotopes suivants: carbone-14, phosphore-32, iode-131, potassium-40 et sodium-15. A ce niveau on enseigne les applications de ces isotopes dans l'étude des processus biologiques tels que la respiration (on utilise à cette fin une solution de glucose marquée), et la photosynthèse. Les études sur l'application des engrais menées à l'aide du phosphore-32 et du sodium-15 sont également évoquées. A l'université, ces sujets sont traités de façon plus détaillée. L'étudiant aborde la théorie de la décroissance radioactive et de l'activité spécifique, l'interaction des rayonnements et de la matière et la détection des rayonnements. Toutes ces études mettent toutefois l'accent sur la théorie et il n'existe pas d'installations permettant une application pratique des méthodes isotopiques. Il n'en reste pas moins que les possibilités latentes sont loin d'être négligeables. Moyennant quelques modifications aux laboratoires existants et une instruction bien adaptée aux normes de sécurité requises pour la manipulation des matières radioactives et l'utilisation des rayonnements, l'enseignement des sciences nucléaires en Tanzanie pourra devenir réalité.

2.16. Tchécoslovaquie

Dans les établissements secondaires, l'enseignement des principes généraux concernant les rayonnements, la radioactivité et les utilisations de l'énergie atomique à des fins pacifiques trouve sa place dans les cours

de physique et de chimie. L'enseignement dispensé revêt un caractère exclusivement théorique et ne s'accompagne d'aucune démonstration pratique. Au niveau de l'université, les étudiants en médecine, en agronomie et en biologie doivent connaître l'emploi des méthodes qui font appel aux isotopes et aux rayonnements. L'enseignement de ces méthodes et les domaines couverts varient d'une université à l'autre en fonction tant des installations techniques existantes que de l'expérience acquise et de l'intérêt manifesté par le personnel enseignant responsable. Dans les écoles de médecine, les étudiants peuvent suivre un stage de médecine nucléaire de trois mois à raison d'une heure de cours et d'une heure de travaux pratiques par semaine. L'éventail des sujets traités est assez large et comporte notamment les éléments fondamentaux de la physique nucléaire, de la radiobiologie clinique, du radiodiagnostic, de la radiotératogénèse, de la radiothérapie et de la physiologie humaine. Des cours de spécialisation sont prévus pour les futurs radiologues. De même, à l'Ecole agronomique de Nitra les matières enseignées constituent un large éventail et sont analogues quantitativement et qualitativement à celles que l'on traite dans les écoles de médecine. On y aborde en outre des sujets tels que la radioprotection, l'application des méthodes isotopiques en biologie et en agriculture, les effets des rayonnements sur les matières biologiques avec, le cas échéant, les travaux pratiques appropriés. Le programme suivi pour l'enseignement de la biologie à l'université est, pour l'essentiel, le même que celui de l'Ecole agronomique, n'en différant légèrement que par le détail et l'importance relative des matières traitées.

2.17. Tunisie

Le système d'éducation tunisien est calqué sur celui de la France. L'enseignement secondaire s'étend sur 6 ou 7 ans (groupe d'âge de 11 à 18 ans). Vers la fin de leurs études secondaires, les étudiants qui se destinent à la biologie se familiarisent avec les notions fondamentales concernant les rayonnements et les radioisotopes, ainsi que les avantages et les risques inhérents à l'utilisation de l'énergie nucléaire. Pendant les deux premières années d'université, les étudiants inscrits en biologie générale suivent la filière MPC (mathématiques, physique et chimie), qui comporte des cours sur les techniques radioisotopiques (notions théoriques uniquement). Les deux années suivantes, l'enseignement est plus détaillé et comprend l'utilisation des radioisotopes pour des études sur la nutrition des plantes, les secrétions glandulaires et la réplication des matériaux génétiques (notions théoriques uniquement). Ceux qui ont mené à bonne fin ces quatre années d'études universitaires sont admis à enseigner dans les établissements du secondaire ou peuvent suivre une formation plus poussée avant d'aborder leurs recherches pour leur thèse de doctorat. Pendant cette période préparatoire, les étudiants qui participent à des travaux de recherche sous la direction de spécialistes compétents sont formés aux méthodes propres à la recherche. Des exercices sont faits en laboratoire, avec du chlore-36 et du calcium-45, afin d'étudier comment ces isotopes sont absorbés respectivement par les feuilles de citrus et les racines de pin.

On peut en conclure qu'en Tunisie, à l'heure actuelle, les possibilités d'enseignement ou de formation dans le domaine des sciences nucléaires sont limitées aux établissements du secondaire et au premier cycle de l'université.

2.18. Turquie

En Turquie, tous les programmes d'enseignement sont en cours de modernisation. L'enseignement secondaire est réparti en deux cycles indépendants, d'une durée de trois ans chacun. Pendent le premier cycle, l'enseignement des sciences suit deux voies différentes: certaines écoles enseignent la biologie, la physique et la chimie en tant que disciplines scientifiques distinctes, la conception des cours étant assez ancienne, d'autres suivent un programme scientifique unifié. Les premiers n'évoquent absolument pas les questions nucléaires; les secondes ne traitent que superficiellement certains points relatifs à l'énergie nucléaire et à ses applications pacifiques. Dans les parties qu'il consacre à la biologie et à la chimie, le programme unifié n'aborde pas les rayonnements nucléaires.

Dans le second cycle du secondaire, on trouve une fois de plus deux orientations différentes: études classiques et études modernes. Si, dans le premier cas, on n'évoque que brièvement les notions fondamentales de science nucléaire, dans le second, ce domaine est traité plus largement. Les manuels utilisés pour le programme des sciences de l'enseignement moderne sont des traductions d'ouvrages publiés par «Educational Services Inc.», manuels de physique élémentaire, de physique supérieure, de chimie et de biologie.

Les mesures prises pour moderniser l'enseignement des sciences dans le secondaire ont conduit à modifier en conséquence les cours du premier cycle de l'enseignement supérieur, les premiers changements étant intervenus il y a quatre ans. En 1972 par exemple, un nouveau cours intitulé «Cours supérieur de sciences physiques» a été institué, de sorte que le programme d'enseignement des sciences suit de très près le cours de physique et les autres cours mentionnés au paragraphe précédent. Ce cours aborde de nombreux domaines des sciences nucléaires encore qu'il omette ceux qui relèvent de l'agronomie et de la médecine.

Au niveau universitaire, les programmes de formation des professeurs diffèrent quelque peu selon les établissements, mais les cours qui ont trait à l'enseignement des sciences fondamentales sont obligatoires en première année. Cette base scientifique commune et obligatoire comprend des cours élémentaires de physique et de chimie destinés aux étudiants en sciences et en technique et des cours de physique, de chimie et de biologie pour les étudiants en médecine, en science vétérinaire, en agronomie, ou autres disciplines. A la Faculté d'agronomie (où sont formés les professeurs des écoles secondaires d'agriculture), les étudiants ont en dernière année la possibilité de suivre, outre les cours mentionnés précédemment, un cours dit de techniques expérimentales. Ce cours englobe plusieurs domaines de la science nucléaire qui présentent un intérêt pour l'agriculture, tels que l'utilisation des isotopes dans les études sur la nutrition des plantes, l'analyse des sols, etc.; il comprend un enseignement théorique et est accompagné de travaux sur le terrain.

Les étudiants en médecine reçoivent un enseignement de base sur certaines branches des sciences nucléaires dans les cours qu'ils suivent à l'Ecole des sciences fondamentales; ils sont en outre initiés à plusieurs autres disciplines, soit fondamentales, soit présentant un intérêt particulier pour la pratique de la médecine; le programme comprend des cours théoriques et des travaux pratiques.

2.19. Yougoslavie

Dans les établissements secondaires, l'enseignement des sciences nucléaires (structure de l'atome et du noyau, radioactivité naturelle et artificielle, radioisotopes, détection et mesure des rayonnements, fission et fusion nucléaires, etc.) est donné dans le cours de physique. Limité à la dernière année et de caractère essentiellement théorique, il s'accompagne parfois de films documentaires ou de visites de laboratoires de recherche. Le cours de biologie précédant le cours de physique, il n'a pas été possible d'y inclure les méthodes et les techniques propres aux sciences nucléaires. En l'absence d'installations techniques et de formation systématique de professeurs, ces sujets ne peuvent être traités dans le cours de biologie. Récemment toutefois, ils ont été introduits dans le programme scientifique et culturel de la radio et de la télévision.

A l'université, le programme du premier semestre de la section de biologie des facultés des sciences, d'agronomie, de médecine vétérinaire et de sylviculture comprend la physique atomique et nucléaire; mais les cours, qui sont essentiellement un prolongement du programme de l'enseignement secondaire, ne comportent pas de travaux pratiques. La part du domaine nucléaire qu'ils abordent est limitée et dépend surtout de la participation plus ou moins importante que le chargé de cours a prise aux travaux scientifiques mettant en jeu des techniques nucléaires. Il existe toutefois quelques différences dans la manière d'enseigner les méthodes nucléaires, selon qu'il s'agit de biologie pure ou de biologie appliquée. Ainsi, dans la section de biologie on a, indépendamment des sujets traités en biologie générale, groupé certains domaines spécialement réservés à la biologie et la physiologie moléculaires. Le programme correspondant comprend un cours sur «l'application des radioisotopes en biologie», que suit un petit nombre d'étudiants spécialisés dans le recherche scientifique. L'enseignement donné dans ce cours est à la fois théorique et pratique et correspond à celui du programme de spécialisation post-universitaire sur le même sujet.

A la Faculté d'agronomie, le programme comporte des cours sur l'application des radioisotopes et des rayonnements à la biologie, la pédologie, la physiologie et la génétique des plantes, à leurs mutations et leur amélioration, mais ces cours ne sont pas complétés par des travaux pratiques. Quelques séminaires de courte durée auxquels peuvent participer tous les étudiants et enseignants intéressés ont lieu de temps en temps. De même, en médecine vétérinaire, l'enseignement ne présente qu'un caractère théorique et c'est dans les divers cours qui leur sont dispensés que les étudiants s'initient à l'application des radioisotopes et aux effets des rayonnements. Toutefois, en quatrième année, le programme comprend une matière spéciale appelée «Bases de la radiologie et de la physiothérapie». Au stade suivant, la Faculté vétérinaire de Belgrade offre des cours spécialisés sur la radioprotection et la technique de la production animale (travaux pratiques et conférences).

Contrairement à ce qui se passe dans l'enseignement secondaire et dans les premiers cycles des facultés les méthodes et techniques nucléaires sont largement enseignées et pratiquées dans le troisième cycle de l'enseignement supérieur. Ces méthodes et techniques sont utilisées différemment et à des degrés divers selon les disciplines scientifiques de la biologie et de l'agronomie, mais on s'est efforcé

d'établir des programmes communs d'initiation aux principes et aux techniques de base dans un établissement spécialisé réservé à cette seule fin. La formation complémentaire pour l'application des méthodes et techniques isotopiques à des domaines scientifiques particuliers est donnée dans les laboratoires de radioisotopes des divers établissements.

2.20. Zambie

Les établissements secondaires de Zambie préparent leurs élèves au «Cambridge School General Certificate Examination» et les programmes des disciplines scientifiques et littéraires sont définis et arrêtés par le «Cambridge Local Examinations Syndicate». Au programme de physique de nombreux aspects de la science nucléaire – radioactivité, caractéristiques, méthodes de détection et de mesure – sont traités de façon théorique. Quelques écoles voisines de l'université complètent cet enseignement par des démonstrations pratiques. Toutefois, les programmes de biologie et d'agronomie des écoles secondaires ne mentionnent pas la science nucléaire, cette discipline n'étant pas exigée par les commissions d'examen.

Actuellement, il n'existe en Zambie qu'une seule université et elle comprend notamment une Ecole d'agronomie et une Ecole de médecine. Au niveau du premier cycle, les étudiants de l'Ecole de médecine et de l'Ecole d'agronomie consacrent leurs deux premières années d'études aux sciences fondamentales qui sont enseignées dans une école de sciences naturelles. Dans cette école également, les étudiants en médecine suivent un cours de physique médicale qui fait une place importante aux sciences nucléaires: rayonnements nucléaires, radioindicateurs et rayons X dans le radiodiagnostic et la radiothérapie, etc. Il existe parallèlement un cours en laboratoire où les étudiants se livrent à des expériences. En outre, ils sont admis en observateurs à l'hôpital où ils peuvent assister à des études sur le métabolisme menées avec des radioindicateurs. Dans certains cas, les étudiants peuvent faire eux-mêmes des comptages de surface et des comptages d'échantillons.

A l'Ecole d'agronomie de l'Université, les questions nucléaires sont traitées de façon essentiellement théorique et ne comportent ni démonstrations ni travaux pratiques, du moins au début.

Les problèmes à résoudre pour que l'enseignement de la science nucléaire puisse dépasser le niveau actuel sont analogues à ceux qui se posent dans d'autres pays en voie de développement: insuffisance des installations, manque d'effectifs et crainte des rayonnements nucléaires.

2.21. Résumé

Voici les principales conclusions que le Groupe d'étude a tirées des exposés ci-dessus:

a) Dans le deuxième cycle de l'enseignement secondaire de la plupart des pays représentés au Groupe d'étude, la place faite aux sciences nucléaires dans l'enseignement des sciences biologiques est actuellement insuffisante, superficielle, voire, dans certains cas, inexistante. Toutefois, dans la majorité des cas, les diverses branches de la science nucléaire sont étudiées dans les cours de physique ou de chimie; l'enseignement a un caractère essentiellement théorique; il ne s'accompagne que

rarement de travaux pratiques ou de démonstrations en laboratoire et ne donne pas aux étudiants la possibilité de faire eux-mêmes des expériences. Les questions théoriques sont elles-mêmes traitées de façon plus ou moins approfondie et il existe des différences sensibles d'un pays à l'autre, voire d'un établissement secondaire à l'autre, à l'intérieur d'un même pays.

b) Au niveau du premier cycle de l'enseignement supérieur, la part faite aux sciences nucléaires est plus ou moins importante dans les cours de physique, de chimie et de sciences biologiques; les chapitres traités dépendent pour beaucoup de la discipline enseignée et sont ceux qui présentent un intérêt théorique ou pratique pour cette discipline. Alors que, dans quelques pays, les étudiants ont la possibilité de se familiariser avec ces sujets dès leur première année, dans beaucoup d'autres les mêmes matières ne leur sont enseignées – du moins de manière quelque peu détaillée – que plus tard.

c) La science nucléaire n'est pas reconnue dans de nombreux pays en tant que discipline distincte et bien délimitée; les parties traitées le sont dans le cadre des cours de physique, de chimie et de biologie.

d) Dans la plupart des pays, les programmes, dans le domaine des sciences notamment, sont actuellement en voie d'aménagement; une idée préside à leur refonte, c'est que les anciennes normes admises pour la formation et l'expérience sont devenues insuffisantes, étant donné les tendances, les impératifs et les perspectives de la science moderne, et ne permettent plus aux étudiants d'embrasser toute l'étendue de la question. La réforme porte à la fois sur les matières du programme et sur les méthodes d'enseignement. L'occasion est donc offerte de faire des suggestions raisonnables sur l'enseignement des divers chapitres de la science nucléaire et leur introduction dans les programmes qui s'élaborent.

e) Les possibilités de formation et de recyclage des enseignants et des techniciens sont soit limitées soit inexistantes dans de nombreux pays. Dans certains d'entre eux, les moyens de formation faisant défaut, les techniciens sont formés dans les laboratoires des scientifiques eux-mêmes et l'orientation de leurs travaux est déterminée par les besoins particuliers du chercheur et les objectifs spécifiques de la recherche en cours.

f) Les professeurs de biologie des écoles secondaires ne manquent pas d'enthousiasme pour l'enseignement de la science nucléaire dans la mesure où on leur en offre les possibilités.

g) Pour expliquer, dans la situation exposée ci-dessus, l'insuffisance en sciences biologiques, de l'enseignement des divers domaines de la science nucléaire, on invoque: le manque de personnel compétent, de moyens matériels et de ressources financières, l'insuffisance des connaissances, les règles sévères imposées par les gouvernements pour les autorisations d'achat de matières radioactives destinées à l'enseignement, la crainte qu'inspire le risque inhérent à la manipulation des matières radioactives et aux rayonnements, le manque de souplesse des programmes de biologie, etc.

h) Le Groupe d'étude a reconnu à l'unanimité que la situation devait être examinée à fond et que des mesures pouvaient et devaient être prises pour y remédier.

3. SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS

3.1. Introduction

Le Groupe d'étude a reconnu que l'enseignement des sciences nucléaires dans les programmes de sciences biologiques de l'enseignement secondaire et du premier cycle de l'enseignement supérieur est important non seulement parce que les techniques et appareils qu'offre la science nucléaire constituent un élément essentiel de la recherche scientifique moderne, mais encore parce que les utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire et leurs applications s'étendent pour le plus grand bien de l'humanité. Il a donc estimé qu'il fallait s'efforcer d'inculquer aux étudiants le rôle que les rayonnements et les techniques nucléaires jouent dans les travaux scientifiques et dans la société moderne. Ainsi devraient-ils pouvoir acquérir une vue large et équilibrée des orientations et des objectifs de la science contemporaine et, partant, mieux apprécier les besoins et les problèmes de la société. A cette fin, le Groupe d'étude a fait plusieurs suggestions et recommandations en soulignant ce qui suit: a) celles-ci doivent être envisagées comme des directives générales qui devront être examinées et revues conjointement avec chaque établissement et chaque pays et dans le contexte propre à chacun d'entre eux; b) l'introduction des sciences nucléaires dans l'enseignement scientifique des divers pays est un processus qui comporte plusieurs étapes; c) l'application des recommandations nécessite un enthousiasme soutenu pour qu'une harmonie, une coopération et une coordination salutaires s'instaurent entre tous les intéressés, que ce soit à l'échelon individuel, institutionnel, gouvernemental ou intergouvernemental.

3.2. Recommandations pour l'enseignement des sciences nucléaires aux étudiants de biologie et d'agronomie du deuxième cycle de l'enseignement secondaire

A. Certains chapitres de la science nucléaire devraient être introduits dans l'enseignement secondaire, les sujets pertinents venant s'inscrire dans les programmes existants.

B. La méthode d'enseignement devrait se fonder sur la «stratégie de l'investigation» – l'apprentissage par la pratique –, cette méthode incitant les étudiants à poser des questions sur les processus étudiés et à chercher des réponses, même partielles.

C. Sujets traités. Les points suivants pourraient être inscrits aux programmes des étudiants qui se spécialisent en biologie ou en agronomie; avec quelques modifications, la matière pourrait en être adaptée pour les étudiants se spécialisant dans des disciplines non scientifiques et pour les professeurs du premier cycle de l'enseignement secondaire.

   i) L'atome, unité fondamentale de la matière; les électrons et le noyau, particules fondamentales de l'atome (modèle Rutherford-Bohr).

ii) Structure du noyau; protons et neutrons; notions de masse, de numéro atomique et de poids atomique.

iii) Isotopes; nucléides stables et instables; types de rayonnement, α, β et γ et leurs propriétés.

iv) Radioactivité naturelle et artificielle.

v) Décroissance radioactive des radioisotopes; caractère aléatoire de la désintégration du noyau; période.

vi) Le rayonnement: détection, mesure et unités (curie, rœntgen, rad et rem).

vii) Relation énergie-masse: $E = mc^2$.

viii) Réactions nucléaires et variations d'énergie; fission et fusion nucléaires; réacteurs nucléaires.

ix) Conséquences biologiques de l'exposition aux rayonnements ionisants: effets génétiques et somatiques; radioprotection et sûreté nucléaire.

x) Aspects écologiques: retombées des essais d'armes nucléaires et leurs effets à court et à long terme; évacuation des déchets radioactifs.

xi) Aspects pratiques: techniques isotopiques en agronomie, biologie et médecine; utilisation des rayonnements dans la thérapeutique et le diagnostic; utilisation des rayonnements dans la conservation des aliments, la stérilisation des produits médicaux, l'élimination des ravageurs et l'amélioration des plantes; utilisation de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité, la propulsion des navires, etc.

xii) Travaux pratiques; démonstrations et films

a) Présentation et utilisation du tube compteur de Geiger-Müller (pour quelques expériences faciles; voir par exemple Nuffield Biology (Nuffield Science Texts), première expérience, page 134).

b) Déviation du rayonnement au moyen de champs magnétiques (à l'aide d'un équipement PANAX par exemple).

c) Caractère aléatoire de la désintégration du noyau: expériences avec des billes (voir Harvard Project Physics, Holt-Rinehart-Winston, N.Y. 1970).

d) Autoradiographie: absorption du phosphore-32 par les feuilles, de l'iode-131 par les souris ou expériences analogues.

e) Expériences avec des graines quiescentes irradiées (orge par exemple); les plants en cours de germination devant être examinés régulièrement pour déterminer les différences dans la sortie des plantules, leur aspect physique, leur longueur, etc.

f) Films produits par des organisations telles que l'USAEC, Shell, Philips Electronics, U.S.I.S. etc.

xiii) Livres. Il existe plusieurs livres excellents tels que:

a) Physical Science Study Committee of Educational Services Inc., USA, Physics (PSSC), (1970).

b) Nuffield Science Texts, Nuffield Foundation, Longmans Green & Co., London.

c) Harvard Project Physics, Holt-Rinehart-Winston, N.Y. (1970).

d) Radioisotope Training Manual, Part 1: Theory, Part 2: Experiments, Picker Nuclear, Picker Corporation Division, White Plains, N.Y.

xiv) Equipements utilisés pour des expériences. PANAX, PICKER.

3.3. Recommandations concernant l'enseignement des sciences nucléaires aux étudiants des disciplines non scientifiques

Les suggestions de la section précédente sont formulées à l'intention des étudiants en sciences des établissements secondaires et notamment de ceux dont la biologie et l'agronomie sont les disciplines principales. Pour les étudiants qui se spécialisent dans les disciplines non scientifiques, les sujets traités dans IPS (Introductory Physical Science) de Ure Haberscheim, dans PS (Second Text of High School Physical Science), éventuellement aussi dans le PS destiné aux étudiants des universités. donnent un aperçu des parties de la science nucléaire qui doivent être enseignées. Les expériences en laboratoire, les équipements utilisés pour ces expériences, etc. sont essentiellement les mêmes que ceux qui sont prévus pour les étudiants en sciences.

3.4. Recommandations concernant l'enseignement des sciences nucléaires dans les écoles professionnelles

Les trois catégories principales d'écoles professionnelles concernées dans ce paragraphe sont les écoles d'agriculture, les écoles normales (pour les écoles primaires et postprimaires, les établissements d'enseignement secondaire du premier et du second cycle) et les écoles de formation de techniciens. A ces différents niveaux, le programme reste à peu près le même, compte tenu des quelques modifications jugées nécessaires.

3.5. La formation de maîtres, condition préalable à toute amélioration des programmes

Pour appliquer les recommandations tendant à améliorer les programmes scolaires, il faut absolument recycler les enseignants, ces derniers exerçant chaque année une influence directe sur les conceptions et le comportement de centaines d'étudiants. Il importe donc de considérer la formation des maîtres comme un domaine prioritaire. Dans le cas des futurs enseignants qui suivent les cours d'établissements pédagogiques, la solution consiste à collaborer avec un laboratoire (isotopes ou rayonnements) bien choisi et dépendant d'une université ou d'un institut national; quant aux enseignants en fonctions, ils pourraient recevoir une formation analogue donnée en cours d'emploi pendant l'année scolaire, acquérant ainsi les connaissances dont ils ont besoin sans quitter leur poste; ces deux groupes devront bénéficier de l'assistance de l'AIEA, de l'UNESCO et éventuellement de la Commission nationale de l'énergie atomique s'il en existe une.

3.6. Recommandations concernant l'enseignement des sciences nucléaires dans le premier cycle de l'enseignement supérieur

Il est à peine nécessaire de souligner le rôle éminent que les techniques des rayonnements et les techniques nucléaires ont joué dans l'essor scientifique et industriel de ces dernières décennies. La biologie, la médecine et la recherche sur l'environnement n'auraient pas autant progressé sans l'utilisation des radionucléides. Pourtant, les étudiants du premier cycle n'ont eu que bien peu de possibilités de comprendre le

rôle de la science nucléaire dans le monde d'aujourd'hui et de partager l'enthousiasme suscité par l'utilisation des techniques des rayonnements. Le Groupe d'étude est d'avis qu'il importe de faire prendre conscience aux étudiants en sciences biologiques, pendant leurs années d'études, des possibilités qu'offrent pour leur formation les notions et les techniques de la science nucléaire et de trouver les moyens de susciter et de maintenir leur intérêt dans ce domaine.

Il faut avant tout offrir aux étudiants un cours sérieux d'initiation à la science nucléaire sous ses divers aspects; ceux-ci peuvent être soit intégrés à un chapitre quelconque des sciences biologiques, soit présentés séparément par un département ou un service spécialisé dans l'utilisation des radioisotopes en biologie. Pour que cet enseignement se fasse dans de bonnes conditions, il faut que la faculté ou l'établissement dispose d'au moins un laboratoire d'isotopes bien équipé. Le programme tendra à prolonger et approfondir les notions déjà traitées dans l'enseignement secondaire mais il devra pour le moins englober les points suivants:

A. Sommaire:

i) Sources de rayonnements ionisants; propriétés des rayonnements.
ii) Base de la radioactivité, y compris la période biologique et physique; utilisation des isotopes radioactifs et des isotopes stables; méthodes d'administration, recueil et interprétation des données.
iii) Détection et mesure des rayonnements ionisants, principes des détecteurs; aspects quantitatifs et qualitatifs.
iv) Radioprotection et sûreté nucléaire; techniques de manipulation des isotopes; problèmes de blindage, évacuation des déchets.
v) Effets des rayonnements au niveau de la cellule, des tissus, des organes, des systèmes d'organes, des organismes, des populations et des écosystèmes; effets génétiques; méthodes d'étude.
vi) Travaux des comités nationaux et internationaux sur les effets des rayonnements et élaboration de plans de protection contre les rayonnements (Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, Commission internationale de protection contre les radiations, AIEA, etc.).
vii) Applications pratiques: amélioration des plantes, conservation des aliments, élimination des ravageurs, radiostérilisation des produits médicaux.
viii) Evaluation des risques et des bienfaits des rayonnements.

B. Etant donné qu'actuellement la plupart des professeurs de biologie connaissent insuffisamment la théorie et – ce qui est plus grave – la pratique des techniques radiobiologiques et nucléaires, il faut s'efforcer de combler cette lacune. On peut y parvenir en organisant, dans les pays mêmes de ces enseignants, éventuellement pendant les vacances, des cours pratiques accélérés de formation pédagogique dans les laboratoires d'isotopes existants. Ces cours pourraient être parrainés par des organisations nationales ou internationales avec la participation d'experts engagés à court terme. Des stages de six à huit semaines sont préconisés, au cours desquels les enseignants stagiaires auraient la possibilité de

manipuler effectivement des matières radioactives et des appareils de mesure des rayonnements. En participant à ces activités, le maître acquerrait suffisamment de confiance et de connaissances pour diriger ensuite sans difficulté les travaux de laboratoire des étudiants et les travaux de recherche scientifique qui font appel aux mêmes techniques.

C. Pour un petit nombre d'enseignants, des stages de formation de courte durée dans des centres étrangers pourraient s'imposer. Ils seraient financés par des bourses octroyées par des organismes nationaux ou internationaux. Ces bourses devraient tendre à constituer dans le pays un noyau d'enseignants ayant des connaissances plus poussées en sciences nucléaires.

4. EXECUTION

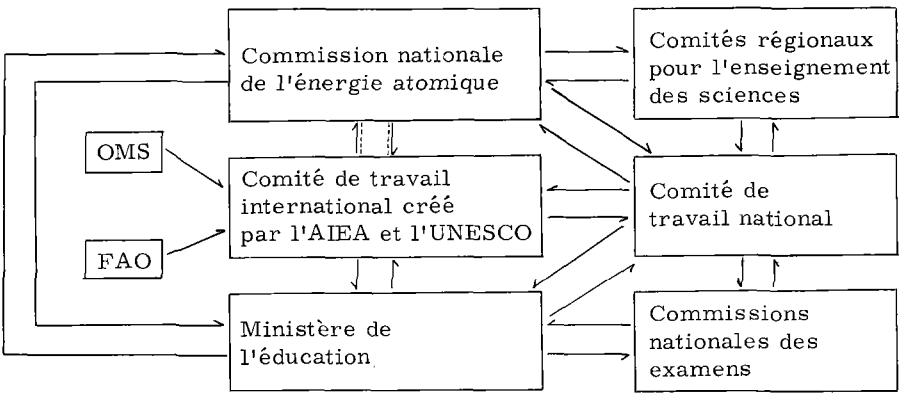
Pour moderniser les programmes de sciences biologiques en y introduisant les dernières conquêtes de la science nucléaire, il faut harmoniser l'action des individus, des établissements, des organismes gouvernementaux et intergouvernementaux. C'est dans cet esprit que le Groupe d'étude a pris l'initiative de formuler, à toutes fins utiles, les recommandations suivantes:

A. L'AIEA et l'UNESCO créeraient un comité de travail chargé de donner suite aux recommandations du Groupe d'étude. Les membres de ce comité, choisis par les organisations susmentionnées, devraient bien connaître l'enseignement des sciences en général aux niveaux envisagés; certains d'entre eux devraient être des ressortissants de pays en voie de développement parfaitement familiarisés avec les problèmes et difficultés de ces pays. Le rôle de ce comité serait notamment:

i) de recenser les manuels, les livres, les moyens et le matériel d'enseignement actuellement disponibles et de choisir ceux qui, à son sens, pourraient servir à orienter l'enseignement des sciences biologiques dans tous les pays;
ii) d'étudier la possibilité de mettre au point et de diffuser des moyens d'enseignement appropriés et peu coûteux (y compris des moyens visuels) pour les sciences biologiques;
iii) d'examiner les programmes actuels et d'élaborer des directives pertinentes pour y apporter les modifications nécessaires compte tenu des exigences des sciences biologiques sous leurs divers aspects.

B. Le Comité de travail international susmentionné aurait à travailler en coopération étroite avec les comités nationaux, les commissions de l'énergie atomique, les commissions nationales des examens ou autres organismes analogues; il pourrait faire appel aux avis autorisés et à l'expérience d'autres organisations internationales telles que la FAO et l'OMS.

C. S'il reconnaît qu'un libre échange d'informations et d'idées entre les organisations mentionnées est souhaitable, le Groupe d'étude n'estime pas indispensable que chacune d'elles se tienne en liaison directe avec le


Commission nationale de l'énergie atomique
Comités régionaux pour l'enseignement des sciences
OMS
FAO
Comité de travail international créé par l'AIEA et l'UNESCO
Comité de travail national
Ministère de l'éducation
Commissions nationales des examens

Le diagramme ci-dessus résume la filière de la coopération et des échanges aux divers échelons.

Comité de travail international. Il serait préférable qu'une organisation nationale unique, par exemple le Comité de travail national, représente en dernier ressort toutes les organisations nationales existantes; à cette fin, une coopération efficace entre ces dernières est indispensable.

D. En consultation avec le Comité de travail international et avec son aide, les organisations nationales compétentes doivent trouver les moyens de:

a) Vulgariser les diverses branches de la science nucléaire dans les établissements d'enseignement secondaire et supérieur. On pourrait y parvenir en diffusant des brochures d'information d'un abord facile sur la science nucléaire, en organisant des expositions spéciales accompagnées de démonstrations, et en recourant aux moyens d'information de masse; on pourrait également prévoir des stages d'étude et des tables rondes.
b) Adopter les mesures nécessaires pour assurer la protection contre les rayonnements (dosimètres photographiques personnels, électroscopes de poche, moniteurs appropriés, contrôle régulier des échantillons radioactifs scellés, contrôle de la formation, de l'entreposage et de l'évacuation des déchets radioactifs); le centre national de l'énergie atomique (s'il en existe un) devrait pouvoir se charger de cette question; en l'absence d'un tel centre, un laboratoire d'isotopes devrait pouvoir apporter son concours. Si les deux font défaut, l'AIEA pourrait envisager de créer un service compétent.
c) Répondre aux besoins en matériel; un laboratoire central (qui pourrait appartenir à une université) devrait pouvoir coordonner l'utilisation du matériel par les différentes écoles; il devrait être doté d'un service d'entretien. Une unité mobile pourrait, à titre de prêt, être mise à la disposition des différentes écoles.

d) Fournir les moyens d'enseignement (films, diapositives, diagrammes, documentation diverse, ensembles de démonstration simples, modèles de liaisons chimiques, brochures sur les mesures de sécurité à prendre, etc.).

e) Fournir les isotopes nécessaires; dans les pays où la fourniture de matières radioisotopiques aux écoles est limitée par les règlements, l'AIEA devrait pouvoir utiliser ses bons offices pour obtenir l'aide et la coopération des services chargés de la radioprotection afin d'obtenir un approvisionnement régulier.

f) Obtenir les services d'experts nécessaires; c'est-à-dire notamment assurer les cours de formation de maîtres et de techniciens, les cours de formation en cours d'emploi et les bourses, fournir des spécialistes en électronique et entretien, etc.

SECRETARIAT

Secrétaires du Groupe d'étude

L. COBLEY	Section de l'enseignement agricole, Division de l'éducation pour le développement rural, UNESCO, Paris
C.J. ROBERTS	Département de l'assistance technique et des publications, AIEA, Vienne

Consultant

R. MUKHERJEE	Section de la radiobiologie, Division des sciences biologiques, AIEA, Vienne

LISTE DES PARTICIPANTS

Membres du Groupe d'étude

B.K. ADADEVOH	Université d'Ibadan, Département de pathologie chimique, Unité de recherche sur le métabolisme, Laboratoire de recherche sur le métabolisme endocrinien, Ibadan, Nigeria
M. AKRAWI	Beyrouth, Liban
A.J.E. BUCKNOR	Institut de recherche zoologique, Conseil de la recherche scientifique et industrielle, Achimota, Ghana
N. CHALBI	Unité de génétique-biométrie et de biologie végétale, Faculté des sciences, Université de Tunis, Tunis, Tunisie
V. ELAGUPPILLAI	Département de physique, Université de Zambie, Lusaka, Zambie
Y. Md. HASSAN	Département de physiologie et de biochimie, Université de Khartoum, Khartoum Nord, Soudan
B. JACOBY	Faculté d'agriculture, Université hébraïque de Jérusalem, Rehovot, Israël
K.J. JOHANSON	Département de biologie physique, Institut Gustaf Werner, Université d'Uppsala, Uppsala, Suède
M. JOVANOVIĆ	Institut pour l'application de l'énergie nucléaire à l'agriculture, la médecine vétérinaire et la sylviculture, Zemun, Yougoslavie

S. LARSEN	Département de la fertilité des sols et de la nutrition des plantes, Université royale vétérinaire et agronomique, Copenhague, Danemark
A. LEMMA	Institut de pathobiologie, Université Haïlé Sélassié I^{er}, Addis-Abéba, Ethiopie
J.K. MIETTINEN	Département de chimie radioactive, Université d'Helsinki, Helsinki, Finlande
J.H. MONYO	Faculté d'agronomie, Université de Dar Es-Salaam, Morogoro, Tanzanie
A.K. ÖZINÖNÜ	Département de l'enseignement, Section de l'enseignement des sciences, Université technique du Moyen-Orient, Ankara, Turquie
K. SANKARANARAYANAN (Rapporteur)	Département de radiogénétique et de mutagénèse chimique, Université de Leyde, Leyde, Pays-Bas
H.W. SCHARPENSEEL	Institut für Bodenkunde der Universität Bonn, Bonn, République fédérale d'Allemagne
G. SIMONNET	Institut national des sciences et techniques nucléaires, Commissariat à l'énergie atomique (CEA), Gif-sur-Yvette, France
N. YASSOGLOU	Département de chimie agricole, Ecole d'agronomie, Athènes, Grèce
Observateur	
G. AKOYUNOGLOU	Département de biologie, Centre de recherche nucléaire «Démocrite», Commission grecque de l'énergie atomique, Athènes, Grèce

COMMENT COMMANDER LES PUBLICATIONS DE L'AIEA

Des dépositaires exclusifs des publications de l'AIEA, auxquels toutes les commandes et demandes de renseignements doivent être adressées, ont été désignés dans les pays suivants:

ROYAUME-UNI	Her Majesty's Stationery Office, P.O. Box 569, London SE1 9NH
ETATS-UNIS D'AMERIQUE	UNIPUB, Inc., P.O. Box 433, Murray Hill Station, New York, N.Y. 10016

Dans les pays ci-après, les publications de l'AIEA sont en vente chez les dépositaires ou libraires indiqués ou par l'intermédiaire des principales librairies locales. Le paiement peut être effectué en monnaie locale ou en coupons de l'UNESCO.

AFRIQUE DU SUD	Van Schaik's Bookstore, P.O. Box 724, Pretoria Universitas Books (Pty) Ltd., P.O. Box 1557, Pretoria
ARGENTINE	Comisión Nacional de Energía Atómica, Avenida del Libertador 8250, Buenos Aires
AUSTRALIE	Hunter Publications, 58 A Gipps Street, Collingwood, Victoria 3066
BELGIQUE	Service du Courrier de l'UNESCO, 112, Rue du Trône, B-1050 Bruxelles
CANADA	Information Canada, 171 Slater Street, Ottawa, Ont. K1A OS 9
ESPAGNE	Nautrónica, S.A., Pérez Ayuso 16, Madrid-2
FRANCE	Office International de Documentation et Librairie, 48, rue Gay-Lussac, F-75005 Paris
HONGRIE	Kultura, Hungarian Trading Company for Books and Newspapers, P.O. Box 149, H-1011 Budapest 62
INDE	Oxford Book and Stationery Comp., 17, Park Street, Calcutta 16
ISRAEL	Heiliger and Co., 3, Nathan Strauss Str., Jérusalem
ITALIE	Libreria Scientifica, Dott. de Biasio Lucio "aeiou", Via Meravigli 16, I-20123 Milan
JAPON	Maruzen Company, Ltd., P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo International
PAKISTAN	Mirza Book Agency, 65, The Mall, P.O. Box 729, Lahore-3
PAYS-BAS	Martinus Nijhoff N.V., Lange Voorhout 9-11, P.O. Box 269, La Haye
POLOGNE	Ars Polona, Centrala Handlu Zagranicznego, Krakowskie Przedmiescie 7, Varsovie
ROUMANIE	Cartimex, 3-5, rue 13 Decembrie, P.O. Box 134-135, Bucarest
SUEDE	C.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Fresgatan 2, S-10307 Stockholm
TCHECOSLOVAQUIE	S.N.T.L., Spálená 51, CS-11000 Prague Alfa, Publishers, Hurbanovo námestie 6, CS-80000 Bratislava
URSS	Mezhdunarodnaya Kniga, Smolenskaya-Sennaya 32-34, Moscou G-200
YOUGOSLAVIE	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, YU-11000 Belgrade

Les commandes émanant de pays dans lesquels l'Agence n'a pas de dépositaires officiels, ainsi que les demandes de renseignements, doivent être adressées directement à l'adresse suivante:

Section de l'édition des publications
Agence internationale de l'énergie atomique
Kärntner Ring 11, B.P. 590, A-1011 Vienne, Autriche

75- 3940